Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No.1, 2024, p. 101-124

The Effects of Adding Black Seed, L-Carnitine, and Vitamin E on Production Performance, Carcass Characteristics, Blood Biochemical, and Immune Parameters of Japanese Laying Quail under Heat Stress

Atefe Habibi[1], Shokoufe Ghazanfari[2*], Mohammad Amir Karimi Torshizi[3], Abdollah Mohammadi Sangcheshmeh[4]

1- Ph.D. Student, Department of Livestock and Poultry Sciences, Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.
2- Associate Professor, Department of Livestock and Poultry Sciences, Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.
3- Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
4- Assistant Professor, Department of Livestock and Poultry Sciences, Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.
*Corresponding Author's Email: shghazanfari@ut.ac.ir

Received: 09-12-2023 Revised: 20-02-2024 Accepted: 02-03-2024 Available Online: 09-06-2024	**How to cite this article:** Habibi, A., Ghazanfari, S., Karimi Torshizi, M. A., & Mohammadi Sangcheshmeh, A. (2024). The effects of adding black seed, L-carnitine, and vitamin E on production performance, carcass characteristics blood biochemical, and immune parameters of Japanese laying quail under heat stress. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *16*(1),101-124. (in Persian with English abstract). http://doi.org/ 10.22067/ijasr.2024.85782.1185

Introduction: The Japanese quail is a species known for its short production period and high productivity. Due to their small size and low feed requirements, they are considered a cost-effective option for egg production compared to other poultry species. Additionally, quail eggs are recognized for their superior nutritional value compared to regular chicken eggs. However, there is a need for effective methods to enhance productivity, especially in stressful situations. Previous research has indicated that the use of certain dietary supplements can address this issue and improve the productive traits of birds. Therefore, there is considerable scientific interest in studying the effects of natural compounds such as black seed and L-carnitine on the productive performance of laying Japanese quails, both under normal conditions and during heat stress. Investigating these factors can provide valuable insights into the development of strategies to effectively manage and optimize egg production in laying Japanese quails. This, in turn, would contribute to the sustainability and profitability of the poultry industry. In this study, we aimed to examine the effects of black seed, L-carnitine, and vitamin E on the productive performance, carcass characteristics, blood biochemical parameters, and immune responses of Japanese laying quails.

Materials and Methods: A total of 500 Japanese laying quails were included in this study. They were divided into two temperature conditions: normal temperature and high temperature (36 degrees Celsius for 6 hours per day). Additionally, there were five experimental treatments: control diet (without any additives), black seed (1.5% black seed diet), L-carnitine (250 ppm + control diet), 1.5% black seed + 250 ppm L-carnitine diet, and Vitamin E diet (200 ppm + control diet). This resulted in a 5x2 factorial experiment with a total of 10 treatments, 5 replications, and

http://doi.org/ 10.22067/ijasr.2024.85782.1185

10 quails per replication. The study consisted of three phases: an adaptation period to the experimental diets lasting two weeks, exposure to the designated temperature conditions for five weeks, and a three-week recovery period. During these phases, various parameters were measured and recorded, including productive performance, carcass characteristics, and blood biochemical and immune indicators (such as triglyceride, cholesterol, LDL, HDL concentrations, heterophil, and lymphocyte percentages) under both heat stress and recovery periods in Japanese laying quails. Data analysis was performed using the Generalized Linear Model (GLM) method with the assistance of SAS software. Mean comparisons were conducted using Tukey's multiple range tests.

Results and Discussion: The results of this study revealed several important findings. During the initial two weeks of the experiment, the consumption of feed containing black seed + L-carnitine led to the highest feed intake, while diets containing black seed, black seed + L-carnitine, and vitamin E demonstrated the highest egg mass compared to the control group (P<0.05). During the heat stress period, high temperatures caused a decrease in feed intake, egg weight, egg production, and egg mass. However, the consumption of feed containing black seed + L-carnitine resulted in increased feed intake, and diets containing black seed, black seed + L-carnitine, and vitamin E showed increased egg production and mass compared to the control group. Furthermore, vitamin E exhibited a better conversion coefficient (P<0.05). During the recovery period, high temperatures led to a decrease in feed intake but an increase in bird body weight. The control group exhibited the lowest feed intake and body weight, whereas diets containing black seed, black seed + L-carnitine, and vitamin E demonstrated the highest egg production and egg mass compared to the control group. Birds fed diets with black seed and vitamin E exhibited a better conversion coefficient (P<0.05). Regarding carcass yield and relative liver weight, the effect of environmental temperature and experimental treatments during both heat stress and recovery periods was not significant. However, the consumption of black seed, L-carnitine, and vitamin E was found to increase carcass yield and relative heart weight. Additionally, high temperatures increased the relative liver weight (P<0.05). Moreover, birds fed control and black seed diets at normal and high temperatures exhibited higher blood cholesterol levels compared to other experimental treatments. In normal temperature conditions and diets containing vitamin E and L-carnitine, a higher percentage of lymphocytes was observed in the blood. In high temperature conditions and diets containing L-carnitine and vitamin E, the heterophil to lymphocyte ratio was also higher (P<0.05).

Conclusion: Finally, the findings of this study highlight the beneficial effects of incorporating black seed, L-carnitine, and vitamin E into the diet of Japanese laying quails, both under normal and high-temperature conditions. These dietary interventions have shown positive impacts on the performance of the quails. Consequently, these results can serve as valuable guidance for quail breeders and producers in selecting suitable feed regimens to manage heat stress in Japanese quail layers, thereby enhancing performance efficiency, carcass characteristics, and blood lipid and immune parameters.

Keywords: Black seed, Heat stress, Japanese laying quails, L-carnitine.

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص. ۱۲۴-۱۰۱

اثرات افزودن سیاه‌دانه، ال-کارنیتین و ویتامین E بر عملکرد تولیدی، خصوصیات لاشه و فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی تحت تنش گرمایی

عاطفه حبیبی[۱]، شکوفه غضنفری[۲*]، محمد امیر کریمی ترشیزی[۳]، عبدالله محمدی سنگ چشمه[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۲

چکیده

در این مطالعه، تأثیر سیاه‌دانه، ال-کارنیتین و ویتامین E بر عملکرد تولیدی، خصوصیات لاشه و فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون بلدرچین‌های تخم‌گذار ژاپنی بررسی شد. مجموعاً ۵۰۰ قطعه بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی در یک آزمایش فاکتوریل ۵×۲ به دو شرایط دمای نرمال و بالا و پنج تیمار آزمایشی شامل: ۱- شاهد: جیره بدون افزودنی ۲- جیره ۱/۵درصد سیاه‌دانه. ۳- جیره شاهد + ۲۵۰ ppm ال-کارنیتین. ۴- جیره ۱/۵درصد سیاه‌دانه + ۲۵۰ ppm ال-کارنیتین. ۵- جیره شاهد + ۲۰۰ ppm ویتامین E تقسیم شدند. نتایج نشان داد که در دوره تنش گرمایی، دمای بالا باعث کاهش مصرف خوراک، وزن تخم، تولید و توده تخم شد. با این حال، مصرف جیره حاوی سیاه‌دانه + ال-کارنیتین باعث افزایش مصرف خوراک و مصرف جیره‌های حاوی سیاه‌دانه، سیاه‌دانه + ال-کارنیتین و ویتامین E تولید و توده تخم بیشتری را در مقایسه با گروه شاهد نشان داد. همچنین، ویتامین E ضریب تبدیل را بهبود داد (P<۰/۰۵). در دوره بازپروری، دمای بالا باعث کاهش مصرف خوراک و افزایش وزن بدن پرندگان شد. گروه شاهد کمترین مصرف خوراک و وزن بدن و جیره‌های حاوی سیاه‌دانه، سیاه‌دانه + ال-کارنیتین و ویتامین E بیشترین تولید و توده تخم را در مقایسه با گروه شاهد نشان دادند. پرندگان با جیره‌های حاوی سیاه‌دانه و ویتامین E ضریب تبدیل بهتری داشتند (P<۰/۰۵). مصرف سیاه‌دانه، ال-کارنیتین و ویتامین E توانست بازده لاشه و وزن نسبی قلب را افزایش دهد. همچنین، دمای بالا باعث افزایش وزن نسبی کبد شد (P<۰/۰۵). پرندگان تغذیه شده با جیره‌های شاهد و سیاه‌دانه در دمای نرمال و بالا غلظت کلسترول خون بیشتری را نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی داشتند. پرندگان در معرض دمای بالا و تغذیه با جیره‌های حاوی ال-کارنیتین و ویتامین E، نسبت هتروفیل به لنفوسیت بیشتری داشتند (P<۰/۰۵). در کل، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از سیاه‌دانه، ال-کارنیتین و ویتامین E در جیره غذایی بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی تحت دمای نرمال و بالا، تأثیرات مثبتی بر عملکرد آن‌ها دارد.

واژه‌های کلیدی: ال-کارنیتین، بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی، تنش گرمایی، سیاه‌دانه

مقدمه

بهترین راهکار برای تأمین منابع پروتئینی برای جامعه انسانی، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، استفاده از حیوانات با فواصل نسلی کوتاه می‌باشد. بین حیوانات مختلف، بلدرچین ژاپنی یکی از پرندگانی است که دوره تولید کوتاهی دارد. ارزش غذایی تخم بلدرچین ۳-۴ برابر تخم‌مرغ معمولی است (Tunsaringkarn *et al.*, 2013). مطالعات نشان می‌دهند که تقریباً ۱۰ درصد از کل تعداد تخم‌های مورد استفاده انسان توسط بلدرچین تأمین می‌شود و

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.
۲- دانشیار گروه علوم دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.
۳- دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۴- استادیار گروه علوم دام و طیور، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.
(*- نویسنده مسئول: (Email: shghazanfari@ut.ac.ir

http://doi.org/ 10.22067/ijasr.2024.85782.1185

تحقیقات متعدد نشان می‌دهند که شرایط تنش حرارتی تأثیر منفی بر رفاه، خصوصیات لاشه، میزان تولید و کیفیت تخم و تولیدمثل بلدرچین دارند (Lukanov, 2019). بلدرچین ژاپنی یک پرنده مهم به لحاظ اقتصادی برای تولید گوشت و تخم است. لذا، در شرایط تنش‌زا، نیاز به روش‌های مفیدی برای بهبود بهره‌وری وجود دارد. تحقیقات زیادی برای بررسی اثرات مکمل‌های غذایی حاوی آنتی‌اکسیدان بر افزایش کارایی تولیدمثلی پرندگان در مقابل تنش اکسیداتیو انجام شده است. به‌منظور بهبود خواص تولید و رشد بلدرچین، استفاده از افزودنی‌های خوراک ارزان قیمت و با کارایی بالا از جمله ال-کارنیتین پیشنهاد شده است که می‌توان آن را به‌عنوان یک ماده مشابه اسیدهای آمینه و ویتامین‌ها در نظر گرفت (Hamza *et al*., 2016).

در بسیاری از مطالعات، ال-کارنیتین به‌عنوان یک منبع آنتی‌اکسیدانی شناخته شده است که باعث افزایش راندمان تولید می‌شود. ال-کارنیتین نقش کلیدی در افزایش متابولیسم انرژی سلول و تنظیم غلظت کوآنزیم A در میتوکندری دارد. مطالعات نشان داده‌اند که طیور تحت تنش گرمایی، رشد ضعیف‌تری از خود نشان می‌دهند و عملکرد پرندگان در تخم‌گذاری نیز ضعیف‌تر است (Carrol, & Core., 2001). بنابراین، تقاضا برای ال-کارنیتین باعث افزایش تولید و بهبود سیستم ایمنی می‌شود. ال-کارنیتین یک مکمل غذایی جایگزین است که به‌دلیل اثرات مفید آن در افزایش مقاومت به بیماری‌های متابولیک و پیشگیری از برخی بیماری‌ها، تقویت سیستم ایمنی بدن و بهبود عملکرد در جیره طیور، مورد استفاده قرار می‌گیرد. نقش آن در فرآیندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی قابل مشاهده است (Carrol, & Core., 2001). تحقیقات متعددی در جوجه‌های گوشتی، بلدرچین و ماهی نشان داده‌اند که عملکرد رشد با مکمل جیره‌ای ال-کارنیتین بهبود می‌یابد (Shahmoradi *et al*., 2023; Torreele *et al*., 1993). امّا، مطالعات بر روی اثر مکمل جیره‌ای ال-کارنیتین در بلدرچین محدود هستند. یافته‌ها نشان می‌دهند که ال-کارنیتین باعث افزایش وزن بدن، بهبود ضریب تبدیل غذایی و کاهش چربی شکمی در بلدرچین ژاپنی می‌شود (Hamza *et al*., 2016). با این حال، مطالعات متناقضی نیز وجود دارد که بیان می‌کنند که ال-کارنیتین هیچ تأثیری بر عملکرد رشد و وزن اندام‌های داخلی در بلدرچین ژاپنی ندارد (Arslan *et al*., 2004).

سیاه‌دانه (*Nigella Sativa L.*) گیاهی علفی از خانواده *Ranunculaceae* است که سالانه کشت می‌شود و ارتفاع آن معمولاً حدود ۲۰-۳۰ سانتی‌متر است. این گیاه در شرایط آب و هوایی و مناطق جغرافیایی مختلف قابل کشت است و به‌دلیل ترکیبات فنلی موجود در دانه‌های آن، در صنایع مختلف مانند صنایع غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی و غیره استفاده می‌شود. تحقیقات بسیاری نشان داده‌اند که به‌دلیل ترکیبات فنلی موجود در سیاه‌دانه، این گیاه خاصیت‌های ضد میکروبی، ضد ویروسی، ضد دیابت و ضد تومور دارد (Kumar, & Patra, 2017). مطابق آمار سازمان جهاد کشاورزی در سال ۱۴۰۰، سطح زیر کشت آن ۲۰۰۰ هکتار بود (Ahmadi *et al*., 2021). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهند که سیاه‌دانه تأثیر قابل توجهی بر وزن بدن، افزایش وزن بدن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی در جوجه‌های گوشتی دارد (Mahmood *et al*., 2009). همچنین، گزارش‌ها نشان می‌دهند که با افزایش دوز سیاه‌دانه (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) در سن ۰ تا ۱۲ هفتگی، مصرف خوراک به‌صورت خطی کاهش می‌یابد؛ با این حال، سطوح بالاتر سیاه‌دانه باعث کاهش رشد و مصرف خوراک می‌شود (Attia *et al*., 2008). همچنین، تحقیقات نشان می‌دهند که سیاه‌دانه تأثیر مطلوبی بر سیستم ایمنی و حفظ سلامتی در جوجه‌های گوشتی دارد، امّا تأثیر قابل توجهی بر تیتر آنتی‌بادی در برابر ویروس نیوکاسل ندارد (Toghyani *et al*., 2010). در تحقیقی که توسط ال-بیتاوی و همکاران (Al-Beitawi *et al*., 2009) انجام شد، استفاده از یک درصد سیاه‌دانه در جیره جوجه‌های گوشتی منجر به بهبود عملکرد و ضریب تبدیل خوراک شد. در یک تحقیق دیگر که توسط سعید و همکاران (Saeid *et al*., 2013) انجام شد، اثر مفید ترکیب پودر سیر و سیاه‌دانه بر عملکرد جوجه‌های گوشتی گزارش شد. جوجه‌هایی که از چهار درصد سیاه‌دانه استفاده کرده بودند، کاهش مصرف خوراک مشاهده شد، امّا بازده خوراک نسبت به گروه کنترل بهتر بود. همچنین، در تحقیقاتی که جوجه‌ها از جیره‌های حاوی یک، دو و سه درصد سیاه‌دانه (Aydin *et al*., 2008) و یک، دو و سه میلی‌گرم بر کیلوگرم روغن سیاه‌دانه دریافت کرده بودند، مصرف خوراک تغییری نشان نداد (Bölükbaşi *et al*., 2009). همچنین، حسن و همکاران (Hassan *et al*., 2004) گزارش کردند جوجه‌هایی که یک درصد سیاه‌دانه مصرف می‌کنند، بهبود قابل توجهی در میانگین افزایش وزن روزانه و ضریب تبدیل خوراک داشته‌اند. همچنین، طغیانی و همکاران (Toghyani *et al*., 2010) گزارش کردند که وزن لاشه، چربی شکمی، کبد، وزن سینه، ران، بال و گردن جوجه‌های گوشتی که با یک درصد سیاه‌دانه تغذیه شدند، افزایش معنی‌داری داشت، درحالی‌که تیمار حاوی یک درصد سیاه‌دانه بر وزن قلب تأثیری نداشت. همچنین، بدری و همکاران (Badary *et al*., 2000) گزارش کردند که افزودن سیاه‌دانه به جیره منجر به کاهش سطوح تری‌گلیسرید و کلسترول سرم خونی می‌شود. سیاه‌دانه دارای پتانسیل عالی برای جایگزینی آنتی‌بیوتیک‌ها و واکسن‌ها برای بهبود ایمنی و کاهش مرگ و میر در طیور محسوب می‌شود، به‌طوری‌که مرگ و میر را از ۱۶/۶۷ به ۴/۱۷ درصد در جیره‌های با ۱/۵ درصد سیاه‌دانه کاهش داد.

ویتامین E در غلظت کم، دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی است و

نقش محوری در کاهش آسیب سلولی ناشی از رادیکال‌های آزاد دارد. علاوه‌براین، ویتامین E کبد را در برابر پراکسیداسیون لیپیدی محافظت می‌کند و باعث بهبود عملکرد تولیدمثل و تولید می‌شود (Abedi *et al.*, 2017). ویتامین E، یک آنتی‌اکسیدان بیولوژیک محلول در چربی است که از اکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع بلند زنجیر در غشای سلولی جلوگیری می‌کند. ساهین و همکاران (Sahin *et al.*, 2002) گزارش کردند که مقدار بالاتر ویتامین E (۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم برکیلوگرم جیره) در جیره، منجر به کاهش غلظت کلسترول سرم در بلدرچین ژاپنی می‌شود. سوئن و همکاران (Swain *et al.*, 2000) گزارش کردند که کمبود ویتامین E و سلنیوم یا هر دو، عملکرد سیستم ایمنی را در جوجه‌های جوان مختل می‌کند. گزارش‌های متفاوتی در رابطه با تأثیر آنتی‌اکسیدان‌ها بر میزان کلسترول و تری‌گلیسرید خون در طیور منتشر شده است. برخی تحقیقات نشان داده‌اند که ویتامین E کاهش میزان کلسترول خون را به همراه داشته است (Hidiroglou *et al.*, 2004). درحالی‌که برخی دیگر از محققان، اثرات توأم ویتامین E و سلنیوم را بر افزایش میزان کلسترول و تری‌گلیسرید خون گزارش کرده‌اند (Zadeh Adamnejad *et al.*, 2015). ویتامین E از طریق تحریک فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز، نوتروفیل‌ها و ماکروفاژهای سیستم خونی، سیستم ایمنی را تقویت می‌کند. این ویتامین با تحریک فعالیت لنفوسیت‌های T، افزایش فعالیت فاگوسیتوزی و تولید آنتی‌بادی را به‌همراه دارد. ویتامین E نقش مهمی در حفاظت از سلول‌هایی مانند لنفوسیت‌ها، ماکروفاژها و سلول‌های پلاسما در برابر صدمات اکسیداتیو دارد و فعالیت و تکثیر این سلول‌ها را در پاسخ ایمنی افزایش می‌دهد (Meydani, & Blumberg, 1993). تحقیق حاضر به بررسی اثرات ال-کارنیتین، سیاه‌دانه و ویتامین E بر عملکرد بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی، شاخص‌های لاشه، فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون در دمای نرمال و در شرایط تنش گرمایی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

ترکیب مواد مغذی و اسانس سیاه‌دانه:

با استفاده از روش‌های مشخص شده توسط AOAC (2000)، ترکیب مواد مغذی سیاه‌دانه تعیین و در جدول ۱ ارائه شده است. این جدول شامل اطلاعات مربوط به ماده خشک، خاکستر، فیبر خام، چربی، پروتئین خام، همچنین محتوای NDF و ADF است. برآورد محتوای اسانس سیاه‌دانه با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی (GC) همراه با طیف‌سنجی جرمی (MS) انجام شد، که جزئیات آن در جدول ۲ آورده شده است. استخراج اسانس سیاه‌دانه با استفاده از روش تقطیر با آب انجام شد (Jaradat *et al.*, 2016).

جدول ۱- انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/کیلوگرم ماده خشک) و ترکیب شیمیایی سیاه‌دانه (درصد)

Table 1- Metabolizable energy (kcal/kg dry matter) and chemical composition (%) of black seed

عنوان Item	مقدار Amount
ماده خشک (درصد) Dry matter (percentage)	96
انرژی (کیلوکالری بر کیلوگرم) Energy (kcal/kg)	3.60
پروتئین (درصد) Protein (percentage)	23.54
فیبر خام (درصد) Crude fiber (percentage)	8.17
خاکستر (درصد) Ash (percentage)	5.34
چربی (درصد) Fat (percentage)	33.13
فیبر نامحلول در شوینده خنثی (درصد) NDF (percentage) [1]	26.24
فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (درصد) ADF (percentage) [2]	17.26

[1]NDF=Neutral Detergent Fibre, [2]ADF=Acid Detergent Fibre,

جدول ۲- ترکیب شیمیایی اسانس سیاه‌دانه (کروماتوگرافی گازی با طیف‌سنج جرمی) (GC-MS)

Table 2- Chemical composition of black seed essential oil (Mass Spectrometry Gas chromatography) (GC-MS)

شماره S. no.	نام شیمیایی Chemical name	ضریب مهار Inhibition coefficient	درصد Percentage
1	۳- متیل نونان 3-methyl nonan	930	0.4
2	۱، ۳ و ۵- تری متیل بنزن 3,1 and 5- terimethyl banzen	960	0.3
3	دکان Decan	1000	0.5
4	۱-متیل ۳- پروپان بنزن 1-methyl 3-propyl banzen	1050	0.4
5	۱- اتیل ۲ و ۳- دی متیل بنزن 1-ethyl 2 and 3- Dmethyl banzen	1085	0.2
6	ترادکان Tetradecan	1403	0.2
7	هگزانون دکان hexanone decan	1605	0.3
8	α- تجول α-thujol	925	2.1
9	α- پینن α –pinene	938	1.3
10	سابینن Sabinen	974	1.5
11	بی- پینن B-pinen	977	1.4
12	میرسن Mirsen	994	0.5
13	α- فلاندرن α –phellanderen	1002	0.7
14	پارا- سیمن Para-simen	1024	13.8
15	لیمونن Limonene	1027	4.0
16	گاما- ترپینن Gama-terpinen	1049	0.4
17	فنشون Phenshon	1093	1.3
18	دی هیدروکارون Dihydrokaron	1202	0.4
19	کارون Karon	1240	4.2
20	تیموکینون Thymoquinone	1239	0.8
21	کارواکرول Karakrol	1030	1.4
22	(+)-۴-کارن (+)-4-Carene	1243	0.5
23	۲، ۴-دی متیل انیزول 2,4-Dimethylanisole	1220	0.4
24	فنل، ۲- متوکسی-۴- (۱- پروپنیل)- Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-	1225	0.3
25	فنل، ۲- متوکسی-۴- (۱- پروپنیل)-(E) Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (E)-	1180	0.5
26	۲- بنزوتیازولامین- ان- متیل 2-Benzothiazolamine, N-methyl-	1214	0.2
27	تیمول Thymol	1246	1.2
28	ترپین-۴- ال Terpinen-4-ol	1219	0.6

به‌طور خلاصه، ۳۰ گرم از پودر خشک سیاه‌دانه با ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد و اسانس در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده از دستگاه کلونجر (Changshu ،Deschem، چین) که در فشار اتمسفر به‌مدت ۱۸۰ دقیقه کار می‌کرد، استخراج شد. اسانس به‌دست آمده با استفاده از کربنات کلسیم به‌صورت شیمیایی خشک شد و تا استفاده بعدی در دمای دو درجه سانتی‌گراد در یخچال نگهداری شد.

پرورش پرندگان و تیمارهای آزمایشی:

در این تحقیق، در مجموع، از تعداد ۵۰۰ قطعه بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی (*coturnix coturnix japonica*) در یک مرکز پرورش بلدرچین ژاپنی تجاری استفاده شد. بلدرچین‌ها به‌طور تصادفی در ۱۰ تیمار با پنج تکرار و تعداد ۱۰ قطعه بلدرچین در هر تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی با آزمایش فاکتوریل ۵×۲ (دمای محیط (دمای نرمال و بالا)) و تیمارهای آزمایشی (کنترل، سیاه‌دانه، ال-کارنیتین، سیاه‌دانه+ ال-کارنیتین و ویتامین E) انجام شد. تیمارهای آزمایشی تحت شرایط نرمال و بالا شامل: ۱- شاهد: پرندگانی که جیره بدون افزودنی را دریافت کردند. ۲- جیره ۱/۵ درصد سیاه‌دانه. ۳- جیره شاهد + ۲۵۰ ppm ال-کارنیتین. ۴- جیره ۱/۵ درصد سیاه‌دانه + ۲۵۰ ppm ال-کارنیتین. ۵- جیره شاهد + ۲۰۰ ppm ویتامین E **بودند**. دوره پرورش به‌مدت ۱۰ هفته به‌طول انجامید. در ابتدای آزمایش، پرندگان (۵۸ روزه، که از روز اول تا ۵۸ روزگی پرندگان با جیره شاهد تغذیه شدند) وزن شده و بر اساس وزن (۲۶۷ گرم) و تولید تخم (۶۴ درصد) در قفس‌های آزمایشی قرار گرفتند، همچنین پرندگان از لحاظ همگنی واریانس تیمارها بررسی شدند. در مرحله اول، بلدرچین‌های تخم‌گذار ژاپنی به‌مدت دو هفته (از ۵۸ تا ۷۲ روزگی) با جیره‌های آزمایشی سازگاری پیدا کردند و در مرحله دوم به‌مدت پنج هفته (از ۷۳ تا ۱۰۷روزگی) در معرض دمای نرمال و بالا قرار گرفتند. در شرایط تنش گرمایی، دمای محیطی ۳۶˚c بود و هر روز شش ساعت از ساعت ۱۰ صبح تا چهار بعد از ظهر ادامه داشت. در مرحله سوم، بلدرچین‌ها به‌مدت سه هفته (از ۱۰۸ تا ۱۲۸ روزگی) در شرایط دمایی نرمال در دوره بازپروری قرار گرفتند. بلدرچین‌ها به‌صورت جداگانه در قفس‌های سیمی باتری به ابعاد ۵۰×۳۰×۵۰ سانتی متر مربع، مجهز به دان‌خوری‌های جداگانه و آب خوری‌های نیپلی قرار گرفتند. پرندگان در طول ۱۰ هفته دوره آزمایش به‌طور آزادانه به آب و خوراک دسترسی داشتند. برنامه روشنایی به‌صورت یک چرخه نوری ۱۶ ساعته با هشت ساعت تاریکی تنظیم شد. همه جیره‌ها بر اساس ذرت و کنجاله سویا به‌صورت ایزوکالری و ایزونیتروژن بر اساس توصیه‌های تغذیه‌ای لسون و سامرز (Leeson & Summers., 2008) برای دوره تخم‌گذاری بلدرچین ژاپنی تنظیم شدند (جدول ۳). بلدرچین‌ها در تمام دوره آزمایشی تحت شرایط مراقبت و مدیریت یکسانی قرار داشتند.

صفات عملکردی:

در انتهای سه دوره عادت‌پذیری، تنش گرمایی و بازپروری، چندین پارامتر مورد آنالیز قرار گرفت. پارامترها شامل: مصرف خوراک، تعداد تخم بلدرچین، وزن تخم بلدرچین و مرگ و میر بود که به صورت هفتگی ارزیابی می‌شد. پس از آن، پارامترهای تولید تخم بلدرچین، توده تخم بلدرچین، مصرف خوراک روزانه، میزان مرگ و میر و ضریب تبدیل خوراک (FCR) (خوراک/توده تخم بلدرچین) برای این دوره‌ها محاسبه شد. علاوه‌براین، وزن پرندگان در ابتدا و انتهای دوره‌های آزمایش برای تعیین تغییرات وزن بدن اندازه‌گیری شد. برای محاسبه تعداد تلفات در هر مرحله، تلفات جمع‌آوری و شمارش شد و برای به‌دست‌آوردن درصد ماندگاری از رابطه (درصد تلفات – ۱۰۰) استفاده شد.

خصوصیات لاشه:

در پایان دوره تنش گرمایی (۱۰۷ روزگی) و دوره بازپروری (۱۲۸ روزگی) دو قطعه بلدرچین از هر تکرار به‌طور تصادفی انتخاب، توزین و کشتار شدند. پس از کشتار و پرکنی، محتویات شکم به‌دقت خارج شد. سپس وزن لاشه کامل و خالی، کبد و قلب اندازه‌گیری شد و وزن نسبی آن‌ها به‌صورت درصدی از وزن زنده محاسبه شد.

فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون:

به‌منظور بررسی فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون، در پایان دوره بازپروری (۱۲۸ روزگی) از هر تکرار یک پرنده به‌طور تصادفی انتخاب و از ورید زیر بال با استفاده از سرنگ خون‌گیری شد. نمونه های خون جهت اندازه‌گیری متابولیت‌های خون و سلول‌های خونی تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد. برای تعیین غلظت متابولیت‌های خونی، سه میلی‌لیتر خون در یک لوله آزمایش ریخته شد و پس از جداسازی سرم، غلظت‌های گلوکز، تری‌گلیسیرید، کلسترول، لیپوپروتئین‌هایی با چگالی پایین و لیپوپروتئین‌هایی با چگالی بالا با دستگاه طیف‌سنجی خودکار اتوآنالایزر (مدل chem Geasan 200، Italy) و کیت تجاری (شرکت پارس آزمون، تهران) اندازه‌گیری شدند. در حدود دو میلی‌لیتر خون گرفته شده از ورید زیر بال در لوله‌های حاوی ماده ضد انعقاد EDTA ریخته و به‌آرامی مخلوط شد تا لخته ایجاد نشود. صفات ایمنی هم با استفاده از نمونه‌های خونی تهیه شده لنفوسیت، هتروفیل و نسبت هتروفیل به لنفوسیت اندازه‌گیری شدند (Benzie, & Strain, 1996).

جدول ۳- ترکیب جیره‌های آزمایشی برای بلدرچین‌های تخم‌گذار ژاپنی

Table 3- Composition of the experimental diets for laying Japanese quail

اجزای جیره (درصد) Ingredients (%)	شاهد Control	سیاه‌دانه Black seed
ذرت Corn	60.8	59.55
گلوتن ذرت Corn gluten	5.13	4.52
کنجاله سویا (۴۴ درصد پروتئین خام) Soybean meal (44% CP)	22.32	22.85
روغن سویا Soybean oil	2.0	1.96
سنگ آهک Limestone	7.16	7.15
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	1.54	1.53
سیاه‌دانه Black seed	0.0	1.5
مکمل ویتامینه[۱] Vitamin premix[1]	0.25	0.25
مکمل معدنی[۲] Mineral premix[2]	0.25	0.25
نمک Salt	0.20	0.20
دی- ال- متیونین DL- methionine	0.26	0.24
ال-لیزین L- lysine	0.09	0.0
ترکیب شیمیایی Chemical composition		
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری بر کیلوگرم) Metabolizable energy (kcal.kg)	2950	2950
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	18	18
کلسیم (درصد) Calcium (%)	3.10	3.10
فسفر قابل دسترس (درصد) Available phosphorus (%)	0.449	0.449
سدیم (درصد) Sodium (%)	0.129	0.129
کلر (درصد) Cl (%)	0.129	0.129
لیزین (درصد) Lys (%)	0.850	0.850
متیونین (درصد) Met (%)	0.583	0.583
متیونین + سیستئین (درصد) Met + cys (%)	0.820	0.820

[۱] کیلوگرم مکمل ویتامینه در هر کیلوگرم جیره شامل مواد زیر بود: ویتامین A، ۱۵،۰۰۰،۰۰۰ IU؛ ویتامین D_3، ۱۵۰۰،۰۰۰واحد بین‌المللی؛ ویتامین E، ۱۵۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین B_1، دو میلی‌گرم؛ ویتامین B_2، چهار میلی‌گرم؛ ویتامین B_6، سه میلی‌گرم؛ ویتامین B_{12}، ۰/۰۱۵ میلی‌گرم؛ اسید نیکوتینیک، ۲۵ میلی‌گرم؛ اسید پانتوتنیک، ۱۰ میلی‌گرم؛ ویتامین K_3، سه میلی‌گرم؛ و اسید فولیک، یک میلی‌گرم

[۲] هرکیلوگرم مکمل معدنی در هر کیلوگرم جیره شامل مواد زیر بود: منگنز ۶۰ میلی‌گرم، آهن ۸۰ میلی‌گرم، روی ۵۰ میلی‌گرم، مس ۱۰ میلی‌گرم، کبالت دو میلی‌گرم، سلنیوم ۰/۲۵۰ میلی‌گرم، ید یک میلی‌گرم.

[1] Vitamin premix supplied per kilogram of diet: vitamin A, 15,000,000 IU; vitamin D_3, 1500,000 IU; vitamin E, 15,000 IU; vitamin B_1, 2 mg; vitamin B_2, 4 mg; vitamin B_6, 3 mg; vitamin B_{12}, 0.015 mg; nicotinic acid, 25 mg; pantothenic acid, 10 mg; vitamin K_3, 3 mg; and folic acid, 1 mg.

[2] Mineral premix supplied per kilogram of diet: Mn, 60 mg; Fe, 80 mg; Zn, 50 mg; Cu, 10 mg; Co, 2 mg; I, 1 mg, Se, 0.250 mg; and vehicle quantity sufficient to 500 mg.

تجزیه و تحلیل داده‌ها:

داده‌های فنوتیپی به‌دست آمده از این مطالعه در دوره‌های تنش گرمایی و بازپروری با استفاده از روش آنالیز واریانس دو طرفه با دمای محیط (نرمال و تنش گرمایی) و تیمارهای آزمایشی (شاهد، سیاه‌دانه، ال-کارنیتین، سیاه‌دانه+ ال-کارنیتین و ویتامین E) به‌عنوان اثرات اصلی در طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۵×۲ با استفاده از روش مدل خطی عمومی (GLM) و مقایسه میانگین توکی با نرم‌افزار SAS (SAS, 2005) نسخه ۹ مطابق مدل آماری (معادله ۱) تجزیه شدند.

معادله ۱ $Y_{ijk}= \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$

که در آن، Y_{ijk}: مقدار مشاهده شده، μ: میانگین جمعیت، α_i: اثر تنش گرمایی، β_j: اثر تیمارهای آزمایشی، $(\alpha\beta)_{ij}$: اثر متقابل تنش گرمایی و تیمارهای آزمایشی و ε_{ijk}: اثر خطای آزمایش است.

داده‌های عملکرد دوره عادت‌پذیری در قالب طرح کاملاً تصادفی توسط نرم‌افزار SAS (SAS, 2005) نسخه ۹ برای مدل آماری (معادله ۲) تجزیه شدند. شاهد با استفاده از مقایسه‌های مستقل با دیگر تیمارهای آزمایشی در سطح پنج درصد مقایسه شد. مدل آماری به‌صورت ذیل است.

معادله ۲ $Y_{ij}= \mu +T_i +e_{ij}$

که در آن، Y_{ij}: مقدار مشاهده شده، μ: میانگین جمعیت، T_i: اثر تیمارها و e_{ij}: خطای آزمایشی است. میانگین‌ها به‌کمک آزمون توکی در سطح پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

عملکرد تولیدی در دو هفته اول آزمایش:

اثرات تیمارهای آزمایشی در جیره بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی بر عملکرد تولیدی در دو هفته اول آزمایش (۷۲-۵۸ روزگی) در جدول ۴ نشان داده شده است. جیره‌های آزمایشی تاثیری بر وزن بدن ۷۲ روزگی، افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل، وزن تخم و مرگ و میر در بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی نداشتند. بیشترین مقدار خوراک مصرفی در پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی سیاه‌دانه + ال-کارنیتین مشاهده شد (P<۰/۰۵) و به‌دنبال آن پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی سیاه‌دانه مقدار خوراک بیشتری مصرف کردند، همچنین کمترین مصرف خوراک مربوط به پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد بود (P<۰/۰۵). بیشترین درصد تولید تخم بلدرچین در پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سیاه‌دانه + ال-کارنیتین و سیاه‌دانه در مقایسه با شاهد مشاهده شد (P<۰/۰۵). هم‌چنین، پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد کمترین مقدار توده تخم را نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی نشان دادند (P<۰/۰۵).

عملکرد تولیدی در دوره تنش گرمایی:

اثرات دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی در جیره بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی بر عملکرد تولیدی در دوره تنش گرمایی (۱۰۷-۷۳ روزگی به‌مدت پنج هفته) در جدول ۵ نشان داده شده است. اثرات متقابل دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی بر صفات عملکردی در طی دوره تنش گرمایی معنی‌دار نبود. با این حال، دمای بالا باعث کاهش معنی‌دار مصرف خوراک، وزن تخم، تولید و توده تخم و همچنین، بهبود افزایش وزن بدن پرنده، وزن بدن ۱۰۷ روزگی و در نهایت، ضریب تبدیل نامناسب شد (P<۰/۰۵). همچنین پرندگان تغذیه شده با جیره حاوی سیاه‌دانه + ال-کارنیتین، مصرف خوراک بیشتری در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره‌های شاهد و ال-کارنیتین داشتند (P<۰/۰۵). پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سیاه‌دانه + ال-کارنیتین، سیاه‌دانه و ویتامین E تولید و توده تخم بیشتری در مقایسه با شاهد داشتند (P<۰/۰۵). در نهایت، پرندگان تغذیه شده با ویتامین E در مقایسه با شاهد ضریب تبدیل کمتری داشتند (P<۰/۰۵).

عملکرد تولیدی در دوره بازپروری:

اثرات دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی در جیره بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی بر عملکرد تولیدی در دوره بازپروری (۱۰۸ تا ۱۲۸ روزگی برای سه هفته) در جدول ۶ آمده است. اثرات متقابل دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی بر صفات عملکردی در طی دوره بازپروری معنی‌دار نبود. با این حال، پرندگان در معرض دمای بالا کاهش معنی‌داری در مصرف خوراک، افزایش وزن بدن و توده تخم در دوره بازپروری نشان دادند و همچنین وزن بدن ۱۲۸ روزگی بالاتری در پرندگان در معرض دمای بالا مشاهده شد (P<۰/۰۵). سایر صفات مانند وزن تخم، تولید تخم و در نهایت، ضریب تبدیل بعد از سه هفته دوره بازپروری به شرایط عادی برگشت. همچنین، پرندگان تغذیه شده با جیره شاهد کمترین مصرف خوراک را نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی نشان دادند (P<۰/۰۵). تمایل به وزن بدن ۱۲۸ روزگی بیشتر در پرندگان تغذیه شده با افزودنی در مقایسه با جیره شاهد مشاهده شد (P=۰/۰۵). افزایش وزن بدن در پرندگان تغذیه شده با سیاه‌دانه در مقایسه با جیره‌های حاوی ال-کارنیتین، ویتامین E و شاهد بیشتر بود (P<۰/۰۵). همچنین، پرندگان تغذیه شده با سیاه‌دانه در مقایسه با جیره حاوی سیاه‌دانه + ال-کارنیتین وزن تخم بیشتری داشتند و درصد تولید و توده تخم در شاهد در مقایسه با تیمارهای حاوی افزودنی به جزء ال-کارنیتین کمتر بود (P<۰/۰۵).

(P<۰/۰۵). در نهایت، پرندگان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سیاه‌دانه و ویتامین E ضریب تبدیل مناسب‌تری نسبت به شاهد نشان دادند (P<۰/۰۵).

نتایج مطالعه مایسون و همکاران (Mehaisen *et al.*, 2017) نشان می‌دهند که بلدرچین‌هایی که تحت تنش گرمایی (۳۵˚C) قرار می‌گیرند، مصرف خوراک کمتری دارند و بالاترین ضریب تبدیل غذایی را دارا هستند. در شرایط تنش گرمایی، پرندگان کمتر خوراک مصرف می‌کنند تا تولید گرما در بدن خود را کاهش دهند. به‌علاوه، های و همکاران (Hai *et al.*, 2000) گزارش کرده‌اند که فعالیت تریپسین، کیموتریپسین و آمیلاز در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد. بنابراین، دمای بالای محیط باعث کاهش هضم مواد مغذی در طیور می‌شود. همچنین، ورسس و همکاران (Vercese *et al.*, 2012) گزارش کردند که دمای بالای محیط تأثیر منفی بر عملکرد پرنده دارد و به کاهش وزن و توده تخم‌مرغ در بلدرچین‌های ژاپنی منجر می‌شود. کاهش تولید ممکن است به‌دلیل تأثیر منفی تنش گرمایی بر اختلالات تولید مثل و تخمدان و همچنین کاهش مصرف خوراک مرتبط باشد. تنش گرمایی تأثیر مستقیمی بر عملکرد تخمدان از طریق تغییر ترشح هورمون‌های تخمدانی مانند پرولاکتین دارد (Abou-Elkhair *et al.*, 2020). بر اساس یافته‌های این مطالعه، مشاهده شده است که بلدرچین‌هایی که در شرایط دمایی نرمال قرار داشتند، ضریب تبدیل بهتری نسبت به بلدرچین‌های تحت تنش گرمایی داشتند.

استفاده از ترکیب سیاه‌دانه و ویتامین E در جیره بلدرچین‌ها، ضریب تبدیل را بهبود می‌دهد و این بهبود به‌دلیل افزایش کارایی خوراک است. مطالعات بسیاری سیاه‌دانه را به‌عنوان یک افزودنی خوراکی طبیعی برای بهبود تولید پرنده در شرایط نرمال یا تحت تنش معرفی کرده‌اند. آن‌ها بیان کردند که استفاده از مکمل سیاه‌دانه در جیره منجر به افزایش عملکرد رشد، مصرف خوراک و راندمان خوراک می‌شود (Kumar, & Patra, 2017). این اثرات در تیمار حاوی سیاه دانه ممکن است به‌دلیل افزایش استفاده از مواد مغذی در جیره، کاهش جمعیت برخی از باکتری‌های بیماری‌زا و افزایش تیتر آنتی‌بادی باشد (Kumar, & Patra, 2017). در مطالعه اصغر و همکاران (Asghar *et al.*, 2022) نشان داده شده است که گروهی از بلدرچین‌های ژاپنی که جیره آن‌ها حاوی دو درصد سیاه‌دانه بود، وزن زنده بالاتر، افزایش وزن بدن بهتر و ضریب تبدیل خوراک بهتری داشتند. همچنین، مطالعه دیگری نشان داده است که استفاده از روغن سیاه‌دانه به‌طور قابل توجهی وزن نهایی بدن و افزایش وزن بدن را نسبت به گروه‌های کنترل بهبود می‌بخشد (Aziza *et al.*, 2019). صیداوی و همکاران (Seidavi *et al.*, 2020) گزارش داده‌اند که استفاده از جیره حاوی سیاه‌دانه در بلدرچین منجر به افزایش عملکرد (رشد و تولید تخم مرغ) و کاهش باکتری‌های بیماری‌زا در روده می‌شود. همچنین، عبدالهک و همکاران (Abd-El-Hack *et al.*, 2018) و سلام و همکاران (Salam *et al.*, 2013) مشاهده کردند که تغذیه بلدرچین با سیاه‌دانه باعث افزایش تولید آنزیم‌های گوارشی و بهبود قابلیت هضم مواد مغذی و عملکرد رشد می‌شود.

سیاه‌دانه، حاوی روغن‌های فرار یا اسانس است که دارای خواص ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. همچنین، این ماده می‌تواند محرک آنزیم‌های گوارشی در مخاط روده و پانکراس باشد. بهبود هضم مواد مغذی و بهبود عملکرد تولید ممکن است نتیجه‌ای از این خواص باشد (Abdou, & Rashed, 2015). مطالعات نشان داده‌اند که ترکیبات فعال بیولوژیکی سیاه‌دانه می‌توانند ضریب تبدیل خوراک، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ایمیونولوژی حیوان را بهبود بخشند. این بهبود عملکرد ممکن است به‌دلیل تأثیرات مثبت سیاه‌دانه بر آنزیم‌های گوارشی، بهبود هضم مواد مغذی و توانایی آنتی‌اکسیدانی و سیستم ایمنی حیوانات باشد (Asghar *et al.*, 2022). در مطالعه حاضر، استفاده از جیره حاوی سیاه‌دانه و ال-کارنیتین در بلدرچین ژاپنی تخم‌گذار، در مقایسه با گروه کنترل، منجر به افزایش درصد تولید تخم شد. این نتایج نشان می‌دهند که استفاده از سیاه‌دانه به‌عنوان یک افزودنی خوراکی، توانایی بهبود قابل توجهی در عملکرد تولید حیوانات، افزایش ضریب تبدیل خوراک و بهبود هضم مواد مغذی را دارد. با این حال، برای استفاده بهینه از سیاه‌دانه به‌عنوان افزودنی خوراکی، نیاز به تحقیقات بیشتر و دقیق‌تر است.

صفات لاشه:

صفات لاشه در دوره تنش گرمایی:

اثرات دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی در جیره بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی بر خصوصیات لاشه در پایان دوره تنش گرمایی (۱۰۷ روزگی) در جدول ۷ نشان داده شده است. اثرات متقابل دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی بر بازده لاشه پر و خالی و وزن نسبی کبد معنی‌دار نبود. با این حال، وزن نسبی قلب در پرندگان تغذیه شده با سیاه‌دانه + ال-کارنیتین در دمای بالا و نرمال در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با جیره‌های شاهد و حاوی سیاه‌دانه در دمای نرمال بیشتر بود (P<۰/۰۵). همچنین، پرندگان در معرض دمای بالا، وزن نسبی کبد بیشتری نسبت به پرندگان در معرض دمای نرمال داشتند (P<۰/۰۵).

جدول ٤- اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد تولیدی در دو هفته اول آزمایش (۷۲-۵۸ روزگی) در بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی

Table 4- The effect of experimental treatments on productive performance in the first two weeks of the experiment (58-72 days old) in laying Japanese quails

پارامترها Parameters	مصرف خوراک (گرم/ روز/ پرنده) Feed intake (g/day/bird)	وزن بدن ۷۲ روزگی (گرم) Body weight 72 day (g)	افزایش وزن بدن (گرم) Body weight gain (g)	وزن تخم (گرم) Egg weight (g)	تولید تخم (درصد) Egg production (%)	توده تخم (گرم /روز /پرنده) Egg mass (g/day/bird)	ضریب تبدیل Feed conversion ratio	ماندگاری (درصد) Livability (%)
شاهد (بدون افزودنی) Control (no additives)	23.88[d]	267.6	18.2	11.33	62.30[b]	7.06[b]	3.42	100
سیاه‌دانه Black seed	25.09[b]	268.8	18.8	11.51	69.11[a]	7.94[a]	3.19	100
ال-کارنیتین L-carnitine	24.42[c]	273.7	18.8	11.32	65.07[ab]	7.36[ab]	3.33	100
سیاه‌دانه + ال-کارنیتین Black seed + L-carnitine	26.01[a]	272.6	18.3	11.27	70.12[a]	7.90[a]	3.31	100
ویتامین E Vitamin E	24.28[cd]	271.5	19.8	11.63	68.12[ab]	7.92[a]	3.08	99.9
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	0.10	2.26	0.66	0.13	1.99	0.23	0.10	0.04
سطح معنی‌داری P value	<0.0001	0.29	0.46	0.32	0.04	0.02	0.18	0.41
مقایسه شاهد با سایر تیمارها Vs to control	<0.0001	0.11	0.33	0.52	0.01	0.007	0.10	0.61
مقایسه تیمارهای حاوی افزودنی با ویتامین E Treatments containing additives Vs vitamin E	<0.0001	0.93	0.13	0.11	0.99	0.49	0.10	0.06

[a,b,c] میانگین‌های هر ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P<0.05$).

[a,b,c] Means within same column with different superscripts differ ($P < 0.05$).

جدول ۵- اثرات دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی بر عملکرد تولیدی بلدرچین‌های تخم‌گذار ژاپنی در دوره تنش گرمایی (۷۳-۱۰۷روزگی به‌مدت پنج هفته)

Table 5- The effect of ambient temperature and experimental treatments on productive performance of Japanese laying quails during heat stress period (73-107 days for 5 weeks)

پارامترها Parameters	مصرف خوراک (گرم /روز/ پرنده) Feed intake (g/day/bird)	وزن بدن ۱۰۷ روزگی (گرم) Body weight 107 day (g)	افزایش وزن بدن (گرم) Body weight gain (g)	وزن تخم (گرم) Egg weight (g)	تولید تخم (درصد) Egg production (%)	توده تخم (گرم/ روز/ پرنده) Egg mass (g/day/bird)	ضریب تبدیل Feed conversion ratio	ماندگاری (درصد) Livability (%)
دمای محیطی Ambient temperature								
تنش گرمایی Heat stress	22.43^{b}	300.7^{a}	30.48^{a}	11.22^{b}	70.97^{b}	7.96^{b}	2.85^{a}	99.68
دمای نرمال Normal temperature	24.91^{a}	283.1^{b}	11.72^{b}	11.70^{a}	81.23^{a}	9.50^{a}	2.63^{b}	99.80
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	0.134	3.41	3.06	0.046	0.99	0.116	0.046	0.12
تیمارهای آزمایشی Experiment treatments								
شاهد (بدون افزودنی) Control (without additives)	23.10^{b}	281.0	13.4	11.35	70.23^{c}	7.99^{c}	2.94^{a}	99.8
سیاه‌دانه Black seed	23.86^{ab}	290.8	22.0	11.65	77.81^{ab}	9.08^{a}	2.65^{ab}	99.4
ال-کارنیتین L-carnitine	23.43^{b}	293.8	20.1	11.46	72.55^{bc}	8.32^{bc}	2.83^{ab}	99.9
سیاه‌دانه + ال-کارنیتین Black seed + L-carnitine	24.32^{a}	294.8	22.2	11.37	79.03^{a}	8.99^{ab}	2.72^{ab}	99.8
ویتامین E Vitamin E	23.66^{ab}	299.3	27.8	11.46	80.89^{a}	9.28^{a}	2.55^{b}	99.8
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	0.212	5.38	4.84	0.074	1.56	0.183	0.073	0.167
دمای محیطی × تیمارهای آزمایشی Ambient temperature × experimental treatments								
تنش گرمایی × شاهد Heat stress x control	21.99	280.0	9.00	11.02	62.73	6.91	3.20	99.6
تنش گرمایی × سیاه‌دانه Heat stress × black seed	22.71	294.2	26.69	11.40	72.20	8.23	2.78	99.2

Continue the Table (5)								ادامه جدول(۵)
تنش گرمایی × ال-کارنیتین Heat stress × L-carnitine	22.32	305.2	16.32	11.37	68.03	7.74	2.90	100
تنش گرمایی × سیاه‌دانه + ال-کارنیتین Heat stress × black seed + L-carnitine	23.04	307.6	13.48	11.06	75.16	8.31	2.78	100
تنش گرمایی × ویتامین E Heat stress × vitamin E	22.08	316.8	31.81	11.24	76.73	8.62	2.57	99.6
دمای نرمال × شاهد Normal temperature x control	24.20	282.0	5.67	11.68	77.73	9.07	2.67	100
دمای نرمال × سیاه‌دانه Normal temperature × black seed	25.01	287.4	4.66	11.89	83.41	9.91	2.52	99.6
دمای نرمال × ال-کارنیتین Normal temperature × L-carnitine	24.53	282.4	4.54	11.54	77.07	8.90	2.76	99.8
دمای نرمال × سیاه‌دانه + ال-کارنیتین Normal temperature × black seed + L-carnitine	25.59	282.0	3.78	11.67	82.89	9.67	2.65	99.6
دمای نرمال × ویتامین E Normal temperature × vitamin E	25.23	281.8	2.51	11.68	85.04	9.93	2.54	100
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	0.30	7.61	6.85	0.104	2.21	0.258	0.104	0.268
سطح معنی‌داری P value								
دمای محیطی Ambient temperature	<0.0001	0.0007	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.002	0.48
تیمارهای آزمایشی Experiment treatments	0. 0035	0.19	0.35	0.05	<0.0001	<0.0001	0.007	0.39
دمای محیطی × تیمارهای آزمایشی Ambient temperature × experimental treatments	0.49	0.12	0.08	0.18	0.47	0.32	0.16	0.39

a,b,c میانگین‌های هر ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).

a,b,c Means within same column with different superscripts differ (P < 0.05).

جدول ٦- اثرات دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی بر عملکرد تولیدی بلدرچین‌های تخم‌گذار ژاپنی در دوره بازپروری (۱۲۸-۱۰۸ روزگی به‌مدت سه هفته)

Table 6- The effect of ambient temperature and experimental treatments on productive performance of Japanese laying quails during recovery period (108-128 days for 3 weeks)

پارامترها Parameters	مصرف خوراک (گرم /روز/ پرنده) Feed intake (g/day/bird)	وزن بدن ۱۲۸ روزگی (گرم) Body weight 128 day (g)	افزایش وزن بدن (گرم) Body weight gain (g)	وزن تخم (گرم) Egg weight (g)	تولید تخم (درصد) Egg production (%)	توده تخم (گرم /روز /پرنده) Egg mass (g/day/bird)	ضریب تبدیل Feed conversion ratio	ماندگاری (درصد) Livability (%)
دمای محیطی Ambient temperature								
تنش گرمایی Heat stress	25.92[b]	306.4[a]	5.68[b]	11.53	79.53	9.16[b]	2.85	99.9
دمای نرمال Normal temperature	26.41[a]	293.0[b]	9.88[a]	11.68	82.47	9.63[a]	2.75	99.7
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	0.134	3.31	1.08	0.068	1.25	0.141	0.046	0.11
تیمارهای آزمایشی Experiment treatments								
شاهد (بدون افزودنی) Control (without additives)	25.23[b]	285.7	4.7[b]	11.54[ab]	72.57[b]	8.38[b]	3.03[a]	99.6
سیاه‌دانه Black seed	26.26[a]	304.5	13.7[a]	11.84[a]	85.05[a]	10.06[a]	2.61[b]	99.8
ال-کارنیتین L-carnitine	26.21[a]	298.7	4.9[b]	11.71[ab]	78.44[ab]	9.18[ab]	2.86[ab]	99.8
سیاه‌دانه + ال-کارنیتین Black seed + L-carnitine	26.87[a]	303.7	8.9[ab]	11.38[b]	85.01[a]	9.67[a]	2.80[ab]	99.9
ویتامین E Vitamin E	26.27[a]	306.0	6.7[b]	11.56[ab]	83.94[a]	9.70[a]	2.72[b]	100
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	0.212	5.23	1.71	0.11	1.98	0.224	0.073	0.167
دمای محیطی × تیمارهای آزمایشی Ambient temperature × experimental treatments								
تنش گرمایی × شاهد Heat stress x control	24.75	282.2	2.2	11.53	70.62	8.14	3.07	99.8
تنش گرمایی × سیاه‌دانه Heat stress × black seed	26.01	310.0	15.8	11.71	85.85	10.03	2.59	100

Continue the Table(6) ادامه جدول (٦)

تنش گرمایی × ال-کارنیتین Heat stress × L-carnitine	26.39	309.0	3.8	11.74	76.29	8.96	2.95	100
تنش گرمایی × سیاه‌دانه + ال-کارنیتین Heat stress × black seed + L-carnitine	26.65	311.6	4.0	11.22	82.87	9.30	2.89	100
تنش گرمایی × ویتامین E Heat stress × vitamin E	25.80	319.4	2.6	11.45	82.04	9.40	2.76	100
دمای نرمال × شاهد Normal temperature x control	25.70	289.2	7.2	11.55	74.51	8.60	3.00	99.4
دمای نرمال × سیاه‌دانه Normal temperature × black seed	26.51	299.0	11.6	11.97	84.26	10.08	2.63	99.6
دمای نرمال × ال-کارنیتین Normal temperature × L-carnitine	26.04	288.4	6.0	11.67	80.58	9.41	2.77	99.6
دمای نرمال × سیاه‌دانه + ال-کارنیتین Normal temperature × black seed + L-carnitine	27.09	295.8	13.8	11.53	87.14	10.04	2.70	99.8
دمای نرمال × ویتامین E Normal temperature × vitamin E	26.73	292.6	10.8	11.66	85.83	10.00	2.68	100
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	0.30	7.40	2.42	0.154	2.79	0.316	0.104	0.237
سطح معنی‌داری P value								
دمای محیطی Ambient temperature	0.01	0.006	0.009	0.13	0.10	0.02	0.14	0.06
تیمارهای آزمایشی Experiment treatments	0.0001	0.05	0.003	0.04	0.0001	<0.0001	0.003	0.54
دمای محیطی × تیمارهای آزمایشی Ambient temperature × experimental treatments	0.21	0.21	0.05	0.67	0.79	0.84	0.80	0.88

[a,b,c] میانگین‌های هر ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).

[a,b,c] Means within same column with different superscripts differ (P < 0.05).

صفات لاشه در دوره بازپروری:

اثرات دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی در جیره بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی بر خصوصیات لاشه در پایان دوره بازپروری (۱۲۸ روزگی) در جدول ۷ نشان داده شده است. اثرات متقابل دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی بر بازده لاشه پر و وزن نسبی کبد معنی‌دار نبود. با این حال، بازده لاشه خالی در پرندگان تغذیه شده با سیاه‌دانه در دمای نرمال و ال-کارنیتین در دمای بالا بیشتر از پرندگان تغذیه شده با سیاه‌دانه در دمای بالا بود (P<۰/۰۵). همچنین، پرندگان در معرض دمای نرمال و مصرف جیره حاوی ویتامین E، وزن نسبی قلب بیشتری نسبت به پرندگان در معرض دمای نرمال و مصرف جیره‌های شاهد، ال-کارنیتین و سیاه‌دانه داشتند (P<۰/۰۵). همچنین، پرندگان در معرض دمای بالا، وزن نسبی کبد بیشتری نسبت به پرندگان در معرض دمای نرمال داشتند (P<۰/۰۵).

اثرات ویتامین E و سلنیوم بر ویژگی‌های لاشه بلدرچین ژاپنی تحت تنش گرمایی مزمن (۳۴ درجه سانتی‌گراد) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزودن ویتامین E و سلنیوم به جیره، عملکرد لاشه به‌طور قابل توجهی افزایش یافت (Sahin, & Kucuk, 2001). تحقیقات نشان دادند که تنش گرمایی می‌تواند تأثیر مخرب مستقیمی بر خصوصیات لاشه بلدرچین ژاپنی داشته باشد (Batool *et al.*, 2023). همچنین، شرایط تنش گرمایی منجر به کاهش عملکرد لاشه بلدرچین ژاپنی می‌شود (Ciftci *et al.*, 2013). در عین حال، اریشیر و همکاران (Erişir *et al.*, 2018) نشان دادند که تحت تنش گرمایی، وزن قلب بلدرچین افزایش می‌یابد و تفاوتی بین وزن کبد و طحال در گروه‌ها مشاهده نشد. همچنین، آتیا و همکاران (Attia *et al.*, 2016) در مرغ‌های تخم‌گذار گزارش کردند که در شرایط تنش گرمایی، وزن لاشه، درصد کبد و تخمدان کاهش می‌یابد. بارتلت و اسمیت (Bartlett & Smith., 2003) همچنین بیان کردند که تنش گرمایی باعث کاهش وزن اندام در جوجه‌های گوشتی می‌شود. علاوه‌براین، سایر محققین نشان دادند که وزن قلب طیور تحت تأثیر تنش گرمایی قرار می‌گیرد (Al-Sagan *et al.*, 2020).

ساریکا و همکاران (Sarica *et al.*, 2005) گزارش کردند که مکمل ال-کارنیتین به‌طور قابل توجهی بر عملکرد لاشه و وزن نسبی قلب، کبد و سنگدان بلدرچین ژاپنی در سن ۳۵ روزگی تأثیر نمی‌گذارد. در تحقیق دیگری، تغذیه با سیاه‌دانه تأثیری بر وزن لاشه، وزن سرد لاشه و راندمان لاشه نداشت؛ با این حال، اختلاف معنی‌داری در وزن لاشه گرم بین گروه‌ها مشاهده شد. همچنین، در جوجه‌های تغذیه‌شده با سیاه‌دانه، تفاوت معنی‌داری در وزن نسبی بال، پشت و ران‌ها مشاهده نشد (Asghar *et al.*, 2022). وزن نسبی سینه در گروه‌های مصرف‌کننده کنجاله سیاه‌دانه با گروه شاهد متفاوت نبود. وزن نسبی چربی شکمی، کبد، قلب، پانکراس، روده‌ها و سکوم به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تغذیه با سطوح مختلف کنجاله سیاه‌دانه قرار نگرفت. بنابراین، به‌نظر نمی‌رسد که استفاده از کنجاله سیاه‌دانه تا سطح ۲۰ درصد تأثیر مضری بر پارامترهای فوق‌الذکر داشته باشد (Mousapour, & Salarmoini, 2014). افزایش وزن نسبی سنگدان در جوجه‌های تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی حاوی کنجاله سیاه‌دانه ممکن است به‌دلیل بیشتر بودن سنگریزه جیره آن‌ها نسبت به گروه شاهد باشد (Mousapour, & Salarmoini, 2014). ابوالسعود (AbouEl-Soud., 2000) گزارش کرد که تغذیه بلدرچین ها با یک درصد روغن سیاه دانه در ۲۱ و ۲۸ روزگی باعث افزایش وزن نسبی کبد نسبت به سایر تیمارها می‌گردد. در جوجه های گوشتی تغذیه شده با جیره‌های حاوی سیاه‌دانه، تفاوت ناچیزی در وزن نسبی قلب، کبد، طحال، سنگدان و لاشه مشاهده شد. در مورد ویتامین E، تحقیقات نشان داد که تأثیر معنی‌داری بر وزن لاشه، ران، سینه، قلب، ریه، پیش معده و سنگدان ندارد (Alemi *et al.*, 2015).

فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون:

اثرات دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی در جیره بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی و ایمنی خون در پایان دوره بازپروری (۱۲۸ روزگی) در جدول ۸ نشان داده شده است. اثرات متقابل دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی بر غلظت تری‌گلیسرید، HDL، LDL و درصد هتروفیل معنی‌دار نبود. با این حال، پرندگان تغذیه شده با جیره‌های شاهد و سیاه‌دانه در دمای نرمال و بالا، غلظت کلسترول خون بیشتری را نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی داشتند (P<۰/۰۵). پرندگان در معرض دمای نرمال و تغذیه با جیره‌های حاوی ویتامین E و ال-کارنیتین نسبت به تغذیه همین جیره‌ها، ولی در دمای بالا درصد لنفوسیت خون بیشتری را نشان دادند (P<۰/۰۵). پرندگان در معرض دمای بالا و تغذیه شده با جیره‌های حاوی ال-کارنیتین و ویتامین E نسبت هتروفیل به لنفوسیت بیشتری در مقایسه با پرندگان در معرض دمای نرمال و تغذیه شده با جیره‌های مختلف آزمایشی داشتند (P<۰/۰۵). پرندگان در معرض دمای بالا افزایش تری‌گلیسرید، LDL و درصد هتروفیل و همچنین کاهش HDL خون را نشان دادند (P<۰/۰۵).

جدول ۷- اثرات دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات لاشه (درصد از وزن بدن زنده) بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی در پایان دوره تنش گرمایی (۱۰۷ روزگی) و دوره بازپروری (۱۲۸ روزگی)

Table 7- The effect of ambient temperature and experimental treatments on carcass characteristics (% live body weight) of Japanese laying quails at the end of the heat stress period (107 days old) and the recovery period (128 days old)

پارامترها Parameters	دوره تنش گرمایی Heat stress period				دوره بازپروری Recovery period			
	بازده لاشه (٪) Carcass yield (%)	بازده لاشه خالی(٪) Empty carcass yield (%)	قلب (٪) Heart (%)	کبد (٪) Liver (%)	بازده لاشه (٪) Carcass yield (%)	بازده لاشه خالی(٪) Empty carcass yield (%)	قلب (٪) Heart (%)	کبد (٪) Liver (%)
دمای محیطی Ambient temperature								
تنش گرمایی Heat stress	87.77	64.09	0.645 [a]	1.19 [a]	91.40	69.52 [b]	0.681 [a]	1.22 [a]
دمای نرمال Normal temperature	85.20	64.02	0.553 [b]	1.00 [b]	92.47	71.59 [a]	0.609 [b]	1.12 [b]
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	1.15	0.915	0. 018	0.032	0.504	0.551	0.017	0.026
تیمارهای آزمایشی Experiment treatments								
شاهد (بدون افزودنی) Control (without additives)	88.95	64.46	0.559 [b]	1.02	90.80	69.74	0.624 [b]	1.17
سیاه‌دانه Black seed	86.16	64.70	0.548 [b]	1.17	93.05	70.60	0.575 [b]	1.19
ال-کارنیتین L-carnitine	85.44	62.80	0.544 [b]	1.09	91.69	72.13	0.614 [b]	1.18
سیاه‌دانه + ال-کارنیتین Black seed + L-carnitine	87.15	62.14	0.694 [a]	1.17	92.25	70.53	0.669 [ab]	1.15
ویتامین E Vitamin E	84.74	66.19	0.650 [ab]	1.03	91.87	69.80	0.742 [a]	1.15
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	1.81	1.44	0. 029	0.050	0.797	0.871	0.027	0.041
دمای محیطی × تیمارهای آزمایشی Ambient temperature × experimental treatments								
تنش گرمایی × شاهد Heat stress x control	90. 04	65. 32	0. 662 [ab]	1.13	90.00	68.68 [ab]	0.676 [abc]	1.13

Continue the Table(7) ادامه جدول(۷)

تنش گرمایی × سیاه‌دانه Heat stress × black seed	88. 56	64. 20	0. 648[abc]	1.26	91.35	66.97[b]	0.654[abc]	1.27
تنش گرمایی × ال-کارنیتین Heat stress × L-carnitine	85. 80	64. 49	0. 574[abcd]	1.17	91.98	72.95[a]	0.684[ab]	1.28
تنش گرمایی × سیاه‌دانه + ال-کارنیتین Heat stress × black seed + L-carnitine	88. 10	63. 53	0. 714[a]	1.28	91.68	69.78[ab]	0.688[ab]	1.23
تنش گرمایی × ویتامین E Heat stress × vitamin E	86. 32	62. 91	0. 629[abcd]	1.11	91.98	69.24[ab]	0.701[ab]	1.19
دمای نرمال × شاهد Normal temperature x control	87. 84	63. 59	0. 455[cd]	0.908	91.61	70.79[ab]	0.571[bc]	1.21
دمای نرمال × سیاه‌دانه Normal temperature × black seed	83. 74	65. 21	0. 449[d]	1.08	94.74	74.23[a]	0.497[c]	1.12
دمای نرمال × ال-کارنیتین Normal temperature × L-carnitine	85. 05	61. 12	0. 514[bcd]	1.01	91.41	71.30[ab]	0.544[bc]	1.08
دمای نرمال × سیاه‌دانه + ال-کارنیتین Normal temperature × black seed + L-carnitine	86. 18	60. 75	0. 675[ab]	1.05	92.83	71.27[ab]	0.651[abc]	1.07
دمای نرمال × ویتامین E Normal temperature × vitamin E	83. 15	69. 46	0. 672[ab]	0.952	91.76	70.35[ab]	0.782[a]	1.11
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	2. 57	2. 04	0. 041	0.071	1.12	1.23	0.039	0.059
سطح معنی‌داری P value								
دمای محیطی Ambient temperature	0. 12	0. 96	0. 0011	0.0002	0.1402	0.0116	0.0061	0.0079
تیمارهای آزمایشی Experiment treatments	0. 52	0. 31	0. 0013	0.11	0.3919	0.3168	0.0016	0.9335
دمای محیطی × تیمارهای آزمایشی Ambient temperature × experimental treatments	0.95	0.11	0.01	0.97	0.4265	0.0161	0.0260	0.1838

[a,b,c] میانگین‌های هر ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).

[a,b,c] Means within same column with different superscripts differ ($P < 0.05$).

جدول ۸- اثرات دمای محیطی و تیمارهای آزمایشی بر صفات بیوشیمیایی و ایمنی خون بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی در پایان دوره بازپروری (۱۲۸ روزگی)

Table 8- The effect of ambient temperature and experimental treatments on blood biochemical and immune traits of Japanese laying quails at the end of the recovery period (128 days old)

پارامترها Parameters	تری‌گلیسرید (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) Tri glyceride (mg/dl)	کلسترول (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) Cholesterol (mg/dl)	کلسترول-HDL (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) HDL-Cholesterol (mg/dl)	کلسترول-LDL (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) LDL-Cholesterol (mg/dl)	هتروفیل (درصد) Heterophil (%)	لنفوسیت (درصد) Lymphocyte (%)	لنفوسیت/هتروفیل Heterophil/Lymphocyte ratio
دمای محیطی Ambient temperature							
تنش گرمایی Heat stress	172.49^{a}	163.48^{b}	87.96^{b}	59.43^{a}	24.08^{a}	36.40^{b}	0.680^{a}
دمای نرمال Normal temperature	169.49^{b}	166.13^{a}	92.96^{a}	55.76^{b}	21.08^{b}	38.88^{a}	0.550^{b}
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	0.892	0.914	0.890	0.596	0.238	0.350	0.009
تیمارهای آزمایشی Experiment treatments							
شاهد (بدون افزودنی) Control (without additives)	201.92^{a}	181.06^{a}	78.80^{c}	56.32^{bc}	23.20	38.80	0.600
سیاه‌دانه Black seed	178.10^{b}	175.41^{a}	91.30^{b}	53.26^{c}	22.40	37.80	0.602
ال-کارنیتین L-carnitine	153.33^{d}	155.55^{b}	89.50^{b}	67.70^{a}	22.40	37.50	0.609
سیاه‌دانه + ال-کارنیتین Black seed + L-carnitine	160.66^{c}	157.47^{b}	94.40^{ab}	58.16^{b}	22.50	37.00	0.613
ویتامین E Vitamin E	160.95^{c}	154.54^{b}	98.30^{a}	52.52^{c}	22.40	37.10	0.620
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	1.40	1.44	1.40	0.941	0.375	0.549	0.015
دمای محیطی × تیمارهای آزمایشی Ambient temperature × experimental treatment							

Continue the Table(8) — ادامه جدول(۸)

تنش گرمایی × شاهد Heat stress x control	205.39	181.97[a]	74.80	59.39	24.80	39.20[ab]	0.640[abc]
تنش گرمایی × سیاه‌دانه Heat stress × black seed	177.20	175.97[ab]	89.00	55.53	23.20	37.20[abc]	0.640[abc]
تنش گرمایی × ال-کارنیتین Heat stress × L-carnitine	154.52	144.14[e]	87.20	69.00	24.20	35.60[bc]	0.696[a]
تنش گرمایی × سیاه‌دانه + ال-کارنیتین Heat stress × black seed + L-carnitine	161.25	157.45[cd]	91.40	59.82	23.60	35.60[bc]	0.669[ab]
تنش گرمایی × ویتامین E Heat stress × vitamin E	164.11	157.90[cd]	97.40	53.39	24.60	34.40[c]	0.734[a]
دمای نرمال × شاهد Normal temperature x control	198.45	180.15[a]	82.80	53.25	21.60	38.40[ab]	0.564[cd]
دمای نرمال × سیاه‌دانه Normal temperature × black seed	178.99	174.85[ab]	93.60	50.98	21.60	38.40[ab]	0.566[bcd]
دمای نرمال × ال-کارنیتین Normal temperature × L-carnitine	152.15	166.95[bc]	91.80	66.40	20.60	39.40[a]	0.524[d]
دمای نرمال × سیاه‌دانه + ال-کارنیتین Normal temperature × black seed + L-carnitine	160.07	157.50[cd]	97.40	56.49	21.40	38.40[ab]	0.559[cd]
دمای نرمال × ویتامین E Normal temperature × vitamin E	157.80	151.18[de]	99.20	51.65	20.20	39.80[a]	0.507[d]
میانگین خطای استاندارد Standard error of the mean	1.99	2.04	1.99	1.33	0.531	0.777	0.022
سطح معنی‌داری P value							
دمای محیطی Ambient temperature	0.0221	0.0475	0.0003	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
تیمارهای آزمایشی Experiment treatments	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.4931	0.1620	0.8982
دمای محیطی × تیمارهای آزمایشی Ambient temperature × experimental treatments	0.1759	<0.0001	0.6314	0.5114	0.0865	0.0033	0.0045

[a,b,c] میانگین‌های هر ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P<۰/۰۵).

[a,b,c] Means within same column with different superscripts differ ($P < 0.05$).

مطابق با نتایج مطالعه حاضر، عزیزی چکوساری و همکاران، (Azizi-Chekosari *et al*., 2021) بیان کردند که مصرف مکمل ال-کارنیتین منجر به کاهش سطح تری‌گلیسرید و کلسترول و افزایش HDL در جوجه‌های گوشتی می‌شود. همچنین، یک مطالعه دیگر نشان داد که گروه مصرف‌کننده ال-کارنیتین سطح سرمی کلسترول و تری‌گلیسرید کمتری در مقایسه با گروه شاهد داشتند (Beshara, & Rizk, 2022). با افزودن ال-کارنیتین، کلسترول تام از طریق کاهش استرهای کلسترول کاهش می‌یابد و همچنین می‌تواند با افزایش دفع استرول صفراوی یا تبدیل کلسترول به اسید صفراوی همراه باشد (Augustyniak, & Skrzydlewska, 2009). علاوه‌براین، ال-کارنیتین فعالیت لیپاز را افزایش می‌دهد و در عوض، فعالیت لیپوپروتئین لیپاز را کاهش می‌دهد، که منجر به افزایش غلظت

اسیدهای چرب سرم با تسریع تجزیه تری‌گلیسرید به گلیسرول و اسیدهای چرب می‌شود (Gómez *et al.*, 2006). همچنین، ارسلان و همکاران، (Arslan *et al*., 2004) گزارش کردند که ویتامین E باعث کاهش تری‌گلیسرید خون در جوجه‌ها می‌شود. همچنین، تنش گرمایی به‌طور قابل توجهی پارامترهای ایمنی بلدرچین ژاپنی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد و ممکن است، نسبت بالای هتروفیل به لنفوسیت و تکثیر کم لنفوسیت در بلدرچین تحت تنش گرمایی ناشی از غلظت بالای کورتیکوسترون پلاسما در این گروه آزمایشی باشد (Shini *et al.*, 2010). در مطالعات دیگر، تنش گرمایی باعث افزایش چشمگیر نسبت هتروفیل خون به لنفوسیت و کاهش مقادیر هماتوکریت می‌شود (Lara, & Rostagno, 2013). مایسون و همکاران (Mehaisen *et al*., 2019) گزارش کردند که تنش گرمایی باعث افزایش تری‌گلیسرید خون در بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی می‌شود. علاوه‌براین، در مطالعه دیگری، تنش گرمایی در بلدرچین ژاپنی منجر به کاهش معنی‌دار HDL و افزایش معنی‌دار کلسترول، LDL و تری‌گلیسرید شد (Kalvandi *et al*., 2019). این تغییرات در پارامترهای خون را می‌توان به این دلیل توضیح داد که تنش گرمایی نیازهای انرژی و سطوح کورتیکوسترون را افزایش می‌دهد و منجر به سطوح بالاتر تری گلیسرید و اسیدهای چرب غیر استری شده در پلاسما می‌شود (Shini *et al*., 2010).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از سیاه‌دانه و ال-کارنیتین در جیره غذایی بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی تحت دمای نرمال و بالا، تأثیرات مثبتی بر عملکرد آن‌ها دارد. در شرایط تنش گرمایی، مصرف جیره حاوی سیاه‌دانه + ال-کارنیتین و ویتامین E بهبود قابل توجهی در مصرف خوراک و تولید توده تخم نسبت به گروه شاهد ایجاد کرد. همچنین، استفاده از سیاه‌دانه و ویتامین E بهبود قابل توجهی در ضریب تبدیل غذا به تخم داشت. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از سیاه‌دانه و ال-کارنیتین، به‌عنوان مکمل‌های غذایی، می‌تواند عملکرد تولید تخم و پاسخ به تنش گرمایی را در بلدرچین‌های تخم‌گذار ژاپنی بهبود بخشیده و اثرات مضر تنش گرمایی را کاهش دهد. در شرایط تنش گرمایی و بازپروری بلدرچین تخم‌گذار ژاپنی، تغذیه با سیاه‌دانه، ال-کارنیتین و ویتامین E می‌تواند بهبودهایی در صفات لاشه ایجاد کند. همچنین، تغذیه با سیاه‌دانه، ال‌کارنیتین و ویتامین E می‌تواند بهبود قابل توجهی در پروفیل بیوشیمیایی و ایمنی خون بلدرچین‌های تخم‌گذار ایجاد کند. همچنین، دمای محیطی نیز می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر پروفیل لیپیدی و وضعیت ایمنی بلدرچین‌ها داشته باشد، به‌طوری که دماهای بالا می‌توانند به‌ویژه در ترکیب با تغذیه نامناسب، تغییرات مضری در فراسنجه‌های بیوشیمیایی (افزایش LDL و تری‌گلیسرید و همچنین کاهش HDL) و ایمنی خون (کاهش درصد لنفوسیت و افزایش درصد هتروفیل و نسبت لنفوسیت به هتروفیل) ایجاد کنند. این نتایج می‌توانند به پرورش‌دهندگان و تولیدکنندگان بلدرچین کمک کنند تا جیره غذایی مناسبی را برای مدیریت تنش گرمایی بلدرچین‌های تخم‌گذار ژاپنی انتخاب کنند و بازدهی عملکرد، خصوصیات لاشه و فراسنجه‌های چربی و ایمنی خون را بهبود بخشند.

References

1. Abd El-Hack, M. E., Mahgoub, S. A., Hussein, M. M., & Saadeldin, I. M. (2018). Improving growth performance and health status of meat-type quail by supplementing the diet with black cumin cold-pressed oil as a natural alternative for antibiotics. *Environmental Science and Pollution Research*, *25*, 1157-1167. http://dx.doi.org/10.1007/s11356-017-0514-0.
2. Abdou, A., & Rashed, G. G. (2015). Effect of black seed (*Nigella sativa*) and garlic (*Allium sativum*) feed supplements on productive performance and some physiological and immunological responses of Japanese quail. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, *18*(1), 129-141. http://dx.doi: 10.21608/ejnf.2015.104793.
3. Abedi, P., Vakili, S. T., Mamouei, M., & Aghaei, A. (2017). Effect of different levels of dietary vitamin E on reproductive and productive performances in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *In Veterinary Research Forum*, *8*(4), 353–359.
4. Abou-Elkhair, R., Abdo Basha, H., Slouma Hamouda Abd El Naby, W., Ajarem, J. S., Maodaa, S. N., Allam, A. A., & Naiel, M. A. (2020). Effect of a diet supplemented with the Moringa oleifera seed powder on the performance, egg quality, and gene expression in Japanese laying quail under heat-stress. *Animals*, *10*(5), 809. http://dx.doi.org/10.3390/ani10050809.
5. AbouEl-Soud, S. B. (2000). Studies on some biological and immunological aspects in Japanese quail fed diet containing some *Nigella sativa* seeds preparations. *Egyptian Poultry Science Journal*, *20*, 757-776.
6. Ahmadi, K., Ebadzade, H. R., Hatami, F., Mohammadnia Afroozi, S. H., Eafandiaripour, E., & Abbas Taghani, R. (2021). *Agricultural Statistics Letter*, 8574431. 156. (In Persian).

7. Al-Beitawi, N. A., El-Ghousein, S. S., & Nofal, A. H. (2009). Replacing bacitracin methylene disalicylate by crushed *Nigella sativa* seeds in broiler rations and its effects on growth, blood constituents and immunity. *Livestock Science*, *125*(2-3), 304-307. http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2009.03.012.
8. Alemi, M., Samadi, F., & Samadi, S., (2015). Effect of Artichoke (*Cynara scolymus* L.) leaf powder and vitamin E on performance and some blood parameters of meat type Japanese quail. *Animal Production*, *16*(2), 147-155. http://dx.doi.org/10.22059/jap.2014.52788.
9. Al-Sagan, A. A., Khalil, S., Hussein, E. O., & Attia, Y. A. (2020). Effects of fennel seed powder supplementation on growth performance, carcass characteristics, meat quality, and economic efficiency of broilers under thermoneutral and chronic heat stress conditions. *Animals*, *10*(2), 206. http://dx.doi.org/10.3390/ani10020206.
10. AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. 17th ed. Arlington (VA): Association of official analytical chemists.
11. Arslan, C., Citil, M., & Saatci, M. (2004). Effects of L-carnitine administration on growth performance, carcass traits and some serum components of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Archiv für Geflügelkunde*, *68*, 111-114.
12. Asghar, M. U., Doğan, S. C., Wilk, M., & Korczyński, M. (2022). Effect of dietary supplementation of black cumin seeds (*Nigella sativa*) on performance, carcass traits, and meat quality of Japanese quails (*Coturnix coturnix* japonica). *Animals*, *12*(10), 1298. http://dx.doi.org/10.3390/ani12101298.
13. Attia, Y. A., Abd El-Hamid, A. E. H. E., Abedalla, A. A., Berika, M. A., Al-Harthi, M. A., Kucuk, O., Sahin, K., & Abou-Shehema, B. M. (2016). Laying performance, digestibility and plasma hormones in laying hens exposed to chronic heat stress as affected by betaine, vitamin C, and/or vitamin E supplementation. *SpringerPlus*, *5*, 1-12. http://dx.doi.org/10.1186/s40064-016-3304-0.
14. Attia, Y. A., El, A. E. R. E. T., Zeweil, H. S., Hussein, A. S., Qota, E. S. M., & Arafat, M. A. (2008). The effect of supplementation of enzyme on laying and reproductive performance in Japanese quail hens fed *Nigella* seed meal. *The Journal of Poultry Science*, *45*(2), 110-115. http://dx.doi.org/10.2141/jpsa.45.110.
15. Augustyniak, A., & Skrzydlewska, E. (2009). L-Carnitine in the lipid and protein protection against ethanol-induced oxidative stress. *Alcohol*, *43*(3), 217-223. http://dx.doi.org/10.1016/j.alcohol.2008.12.005.
16. Aydin, R., Karaman, M., Cicek, T., & Yardibi, H. (2008). Black cumin (*Nigella sativa* L.) supplementation into the diet of the laying hen positively influences egg yield parameters, shell quality, and decreases egg cholesterol. *Poultry Science*, *87*(12), 2590-2595. http://dx.doi.org/10.3382/ps.2008-00097.
17. Aziza, A. E., Abdelhamid, F. M., Risha, E. F., Elsayed, M. M., & Awadin, W. F. (2019). Influence of *Nigella sativa* and rosemary oils on growth performance, biochemical, antioxidant and immunological parameters, and pathological changes in Japanese quail challenged with *Escherichia coli*. *Journal of Animal and Feed Sciences*, *28*, 354-366. http://dx.doi: 10.22358/jafs/114239/2019.
18. Azizi-Chekosari, M., Bouyeh, M., Seidavi, A., & Ventura, M. R. (2021). Effect of dietary supplementation with L-carnitine and fenofibrate on broiler chickens. *South African Journal of Animal Science*, *51*(5), 587-603.
19. Badary, O. A., Abdel-Naim, A. B., Abdel-Wahab, M. H., & Hamada, F. M. (2000). The influence of thymoquinone on doxorubicin-induced hyperlipidemic nephropathy in rats. *Toxicology*, *143*(3), 219-226. http://dx.doi.org/10.1016/S0300-483X(99)00179-1.
20. Bartlett, J. R., & Smith, M. O. (2003). Effects of different levels of zinc on the performance and immunocompetence of broilers under heat stress. *Poultry Science*, *82*(10), 1580-1588. http://dx.doi.org/10.1093/ps/82.10.1580.
21. Batool, F., Bilal, R. M., Hassan, F. U., Nasir, T. A., Rafeeque, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., Mahgoub, H. A. M., Naiel, M. A. E., & Alagawany, M. (2023). An updated review on behavior of domestic quail with reference to the negative effect of heat stress. *Animal Biotechnology*, *34*(2), 424-437. http://dx.doi.org/10.1080/10495398.2021.1951281.
22. Beshara, M. M., & Rizk, Y. S. (2022). Impact of supplementing L-carnitine on productive and reproductive performance of mamoura chicken during the inter season. *Egyptian Poultry Science Journal*, *42*(2), 171-185. http://dx.doi: 10.21608/epsj.2022.249544.

23. Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, *239*(1), 70-76.
24. Bölükbaşi, Ş. C., Kaynar, Ö., Erhan, M. K., & Urupan, H. (2009). Effect of feeding *Nigella sativa* oil on laying hen performance, cholesterol and some proteins ratio of egg yolk and *Escherichia coli* count in feces. *Archiv für Geflügelkunde*, *73*(3), 167-172.
25. Carrol, M. C., & Core, E. (2001). Carnitine. *Compendium: Continuing Education For the Practising Veterinarian-North American Edition*, *23*, 45-52.
26. Ciftci, M., Şimşek, U. G., Azman, M. A., l Çerçi, I. H., & Tonbak, F. (2013). The effects of dietary rosemary (*Rosmarinus officinalis L.*) oil supplementation on performance, carcass traits and some blood parameters of Japanese quail under heat stressed condition. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *19*(4). http://dx.doi: 10.9775/kvfd.2012.8474.
27. Erişir, Z., Şimşek, Ü. G., Özçelik, M., Baykalır, Y., Mutlu, S. İ., & Çiftçi, M. (2018). Effects of dietary grape seed on performance and some metabolic assessments in Japanese quail with different plumage colors exposed to heat stress. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *47*. http://dx.doi.org/10.1590/rbz4720170172.
28. Gómez, M. D., Urbina, J. A., López, F., & Rosales, F. H. (2006). L-carnitine-induced modulation of plasma fatty acids metabolism in hyperlipidemic rabbits. *Revista Electrónica de Biomedicina*, (1), 33-41.
29. Hai, L., Rong, D., & Zhang, Z. Y. (2000). The effect of thermal environment on the digestion of broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *83*(2), 57-64. http://dx.doi.org/10.1046/j.1439-0396.2000. 00223.x.
30. Hamza, R. M. B., AL-Jashami, S. M., & AL-Khafaji, F. R. (2016). Effect of adding different levels of L-carnitine to the diet in qualitative characteristics of the sacrifice of Japanese quail birds exposed to heat stress. *Kufa Journal for Agricultural Sciences*, *8*(2).
31. Hassan, I. I., Askar, A. A., & El-Shourbagy, G. A. (2004). Influence of some medicinal plant on performance, physiological and meat quality traits of broiler chicks. *Egyptian Poultry Science*, 24, 247-266.
32. Hidiroglou, N., Gilani, G. S., Long, L., Zhao, X., Madere, R., Cockell, K., Belonge, B., Ratnayake, W. M. N., & Peace, R. (2004). The influence of dietary vitamin E, fat, and methionine on blood cholesterol profile, homocysteine levels, and oxidizability of low density lipoprotein in the gerbil. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, *15*(12), 730-740. http://dx.doi.org/10.1016/j.jnutbio.2004.04.009.
33. Jaradat, N. (2016). Quantitative estimations for the volatile oil by using hydrodistillation and microwave accelerated distillation methods from *Ruta graveolens* L. And *Ruta chalepensis* L. leaves from Jerusalem area/Palestine. *Moroccan Journal of Chemistry*, *4*, 1–6.
34. Kalvandi, O., Sadeghi, A., & Karimi, A. (2019). Methionine supplementation improves reproductive performance, antioxidant status, immunity and maternal antibody transmission in breeder Japanese quail under heat stress conditions. *Archives Animal Breeding*, *62*(1), 275-286.
35. Kumar, P., & Patra, A. K. (2017). Beneficial uses of black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds as a feed additive in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*, *73*(4), 872-885. http://dx.doi:10.1017/S0043933917000848.
36. Lara, L. J., & Rostagno, M. H. (2013). Impact of heat stress on poultry production. *Animals*, *3*(2), 356-369. http://dx.doi.org/10.3390/ani3020356.
37. Leeson, S., & Summers, J. D. (2008). Commercial Poultry Nutrition. Fourth ed., Nottingham University Press, UK, pp. 413.
38. Lukanov, H. (2019). Domestic quail (*Coturnix japonica* domestica), is there such farm animal. *World's Poultry Science Journal*, *75*(4), 547-*558*. http://doi.org/10.1017/S0043933919000631.
39. Mahmood, S., Hassan, M. M., Alam, M., & Ahmad, F. (2009). Comparative efficacy of *Nigella sativa* and *Allium sativum* as growth promoters in broilers. *International Journal of Agriculture and Biology*, *11*(6), 775-778.
40. Mehaisen, G. M., Desoky, A. A., Sakr, O. G., Sallam, W., & Abass, A. O. (2019). Propolis alleviates the negative effects of heat stress on egg production, egg quality, physiological and immunological aspects of laying Japanese quail. *Plos One*, *14*(4), e0214839. http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0214839.
41. Mehaisen, G. M., Ibrahim, R. M., Desoky, A. A., Safaa, H. M., El-Sayed, O. A., & Abass, A. O.

(2017). The importance of propolis in alleviating the negative physiological effects of heat stress in quail chicks. *Plos One*, *12*(10), e0186907. http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0186907.
42. Meydani, S. N., & Blumberg, J. B. (1993). Vitamin E supplementation and enhancement of immune responses in the elderly. In “micronutrients in health and disease prevention”. *Marcel Dekker Inc. New York. p*. *289*, 306.
43. Mousapour, T., & Salarmoini, M. (2014). Effect of using different levels of *Nigella sativa* meal on the growth performance and meat quality of Japanese quails. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *6*(1), 17-24. http://dx.doi.org/10.22067/ijasr.v6i1.23655. (In Persian).
44. Sarica, S., Corduk, M., & Kilinc, K. (2005). The Effect of dietary L-carnitine supplementation on growth performance, carcass traits, and composition of edible meat in Japanese quail (COTURNIX COTURNIX JAPONICA), *Journal of Applied Poultry Research*, *14*, 709-715.
45. Saeid, J. M., Mohamed, A. B., & Al- Baddy, M. A. (2013). Effect of adding garlic powder (*Allium sativum*) and black seed (*Nigella sativa*) in feed on broiler growth performance and intestinal wall structure. *Journal of Natural Sciences Research*, *3*(1), 35-41.
46. Sahin, K., & Kucuk, O. (2001). Effects of vitamin E and selenium on performance, digestibility of nutrients, and carcass characteristics of Japanese quails reared under heat stress (34 C). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *85*(11-12), 342-348. http://dx.doi.org/10.1046/j.1439-0396.2001. 00340.x.
47. Sahin, K., Kucuk, O., Sahin, N., & Gursu, M. F. (2002). Optimal dietary concentration of vitamin E for alleviating the effect of heat stress on performance, thyroid status, acth and some serum metabolite and mineral concentrations in broilers. *Veterinarni Medicina-Praha-*, *47*(4), 110-116.
48. Salam, S., Sunarti, D., & Isroli, I. (2013). Physiological responses of blood and immune organs of broiler chicken fed dietary black cumin powder (*Nigella sativa*) during dry seasons. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, *38*(3), 185-191. http://dx.doi.org/10.14710/jitaa.38.3.185-191.
49. SAS, 2005. SAS/Stat®User's Guide: Statistics Ver. 6.04, 4 ed. SAS Institute Inc., Cary, NC., U.S.A.
50. Seidavi, A. R., Laudadio, V., Khazaei, R., Puvača, N., Selvaggi, M., & Tufarelli, V. (2020). Feeding of black cumin (*Nigella sativa* L.) and its effects on poultry production and health. *World's Poultry Science Journal*, *76*(2), 346-357. http://dx.doi.org/10.1080/00439339.2020.1750328.
51. Shahmoradi, A., Ghazanfari, S., & Sharifi, S.D. (2023). Effects of L-carnitine and emulsifier in low energy diets on growth performance, nutrient digestibility, blood biochemical parameters and meat oxidative stability of broiler chickens. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *14*(4), 531-547. http://dx.doi: 10.22067/ijasr.2022.77845.1090. (In Persian).
52. Shini, S., Huff, G. R., Shini, A., & Kaiser, P. (2010). Understanding stress-induced immunosuppression: Exploration of cytokine and chemokine gene profiles in chicken peripheral leukocytes. *Poultry Science*, *89*(4), 841-851. http://dx.doi.org/10.3382/ps.2009-00483.
53. Swain, B. K., Johri, T. S., & Majumdar, S. (2000). Effect of supplementation of vitamin E, selenium and their different combinations on the performance and immune response of broilers. *British Poultry Science*, *41*(3), 287-292. http://dx.doi.org/10.1080/713654938.
54. Toghyani, M., Toghyani, M., Gheisari, A., Ghalamkari, G., & Mohammadrezaei, M. (2010). Growth performance, serum biochemistry and blood hematology of broiler chicks fed different levels of black seed (*Nigella sativa*) and peppermint (*Mentha piperita*). *Livestock Science*, *129*(1-3), 173-178. http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2010.01.021.
55. Torreele, E. L. S., Van Der Sluiszen, A., & Verreth, J. (1993). The effect of dietary L-carnitine on the growth performance in fingerlings of the African catfish (*Clarias gariepinus*) in relation to dietary lipid. *British Journal of Nutrition*, *69*(1), 289-299. http://dx.doi:10.1079/BJN19930030.
56. Tunsaringkarn, T., Tungjaroenchai, W., & Siriwong, W. (2013). Nutrient benefits of quail (*Coturnix coturnix* japonica) eggs. *International Journal of Scientific and Research Publications*, *3*(5), 1-8.
57. Vercese, F., Garcia, E. A., Sartori, J. R., Silva, A. D. P., Faitarone, A. B. G., Berto, D. A., Molino, A. de B., & Pelícia, K. (2012). Performance and egg quality of Japanese quails submitted to cyclic heat stress. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *14*, 37-41. http://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2012000100007.
58. Zadeh Adamnejad, H., Ghiasi Ghalekandi, J., & Ebrahimnejad, Y. (2015). Effect of different levels of selenium and vitamin E on blood biochemical parameters in the Japanese quail. *Veterinary Clinical Pathology the Quarterly Scientific Journal*, *9*(35), 243-252. (In Persian).